

**BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND****PRIORITY  
DOCUMENT**SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 28 DEC 2004

WIPO

PCT

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung****Aktenzeichen:**

103 55 917.5

**Anmeldetag:**

29. November 2003

**Anmelder/Inhaber:**

MTU Aero Engines GmbH, 80995 München/DE

**Bezeichnung:**Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk,  
und Verfahren zur Erzeugung elektrischer  
Energie bei einer Gasturbine**IPC:**

F 02 C 7/36

**Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ur-  
sprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.**München, den 25. November 2004  
**Deutsches Patent- und Markenamt**  
**Der Präsident**  
Im Auftrag

Brosig



P803905/DE/1

Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk, und Verfahren zur Erzeugung elektrischer  
Energie bei einer Gasturbine

Die Erfindung betrifft eine Gasturbine, insbesondere ein Flugtriebwerk, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, nach dem Oberbegriff des Patentanspruchs 16.

Triebwerke von Flugzeugen, sei es zivile Flugtriebwerke oder militärische Flugtriebwerke, erzeugen neben einem Vorschub zur Fortbewegung des Flugzeugs auch Energie zur Versorgung von Anbaueinrichtungen oder Nebeneinrichtungen der Gasturbine oder zur Versorgung flugzeugseitiger Systeme, wie z. B. der Klimaanlage. Zur Erzeugung von Energie zur Versorgung der Anbaueinrichtungen oder Nebeneinrichtung sowie der flugzeugseitigen Systeme ist es aus dem Stand der Technik bereits bekannt, einem Kerntriebwerk der Gasturbine mechanische Energie zu entnehmen, die z. B. für den Antrieb von Pumpen und Generatoren verwendet wird. So zeigt z. B. die DE 41 31 713 C2 ein Flugtriebwerk, wobei einem Kerntriebwerk Wellenleistung entnommen wird und diese Wellenleistung Nebenaggregaten zugeführt wird.

Bei der Entwicklung von Flugzeugen ist ein eindeutiger Trend dahingehend festzustellen, dass zunehmend mehr elektrische Energie im Flugzeug benötigt wird. Dies liegt zum einen darin begründet, dass hydraulisch oder pneumatisch betriebene Einrichtungen oder Aggregate im Flugzeug durch elektrisch betriebene Einrichtungen ersetzt werden und das andererseits ein immer größerer Energiebedarf pro Sitzplatz im Flugzeug benötigt wird. Die Flugtriebwerke müssen daher im größere elektrische Leistungen bzw. eine immer größere elektrische Energie bereitstellen.

Zur Erzeugung der elektrischen Energie ist es aus dem Stand der Technik bekannt, die Welle des Kerntriebwerks einer Gasturbine an einen Generator anzukoppeln, so dass die an der Welle entnommene mechanische Wellenleistung in elektrische Energie gewandelt werden kann. Diese Art der Bereitstellung bzw. Erzeugung elektrischer Energie verfügt jedoch über den Nachteil, dass eine Verschiebung der Arbeitslinie der Gasturbine im Kennfeld des Hochdruckverdichters in Richtung auf die Pumpgrenze festzustellen ist. Die Pumpgrenze im Kennfeld des Hochdruckverdichters

grenzt den stabilen Arbeitsbereich der Gasturbine vom instabilen Arbeitsbereich der Gasturbine ab. Um über den gesamten Arbeitsbereich und damit Lastbereich der Gasturbine einen stabilen Betrieb derselben zu gewährleisten, muss ein gewisser Pumpgrenzabstand eingehalten werden. Der Effekt, dass bei Entnahme mechanischer Wellenleistung an dem Kerntriebwerk der Gasturbine eine Verschiebung der Arbeitslinie in Richtung auf die Pumpgrenze festzustellen ist, nimmt mit abnehmender Leistung der Gasturbine zu, d. h., dass insbesondere im unteren Lastbereich der Gasturbine, also im Teillastbetrieb derselben, Instabilitäten auftreten können.

Um unter den obigen Gesichtspunkten auch im Teillastbereich der Gasturbine einen sicheren Betrieb derselben zu gewährleisten, wird nach dem Stand der Technik der Weg beschritten, die Gasturbine, insbesondere das Kerntriebwerk derselben, mit größerem Pumpgrenzabstand auszulegen. Dies resultiert in einer größeren Baulänge insbesondere des Hochdruckverdichters des Kerntriebwerks, sowie in einer größeren Anzahl von Stufen, einer größeren Anzahl von Schaufeln und damit in einem größeren Gewicht und insgesamt höheren Kosten. Wird hingegen der Hochdruckverdichter des Kerntriebwerks nicht mit größerem Pumpgrenzabstand ausgelegt, so bleibt nach dem Stand der Technik lediglich die Alternative, die Arbeitslinie der Gasturbine, insbesondere des Kerntriebwerks, so weit abzusenken, dass auch im Teillastbetrieb ein ausreichender Pumpgrenzenabstand eingehalten wird. Dies hat jedoch zur Folge, dass im Vollastbetrieb die Wirkungsgradoptima nicht mehr erreicht werden können und sich daher ein Wirkungsgraddefizit einstellt.

Hiervon ausgehend liegt der vorliegenden Erfindung das Problem zu Grunde, eine neuartige Gasturbine, insbesondere ein neuartiges Flugtriebwerk, sowie ein neuartiges Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, zu schaffen.

Dieses Problem wird dadurch gelöst, dass die eingangs genannte Gasturbine durch die Merkmale des kennzeichnenden Teils des Patentanspruchs 1 weitergebildet ist.

Erfindungsgemäß verfügt die Gasturbine über Mittel, die einerseits aus dem Kerntriebwerk abgeführter Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die anderer-

seits aus dem Kerntriebwerk abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugen.

Nach einer vorteilhaften Weiterbildung der Erfindung erzeugen die Mittel in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung. In einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks hingegen erzeugen die Mittel die elektrische Energie aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und aus der abgeführten, verdichteten Luft.

Das erfindungsgemäße Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine ist durch die Merkmale des unabhängigen Patentanspruchs 16 gekennzeichnet.

Bevorzugte Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den abhängigen Unteransprüchen und der nachfolgenden Beschreibung.

Ausführungsbeispiele der Erfindung werden, ohne hierauf beschränkt zu sein, an Hand der Zeichnung näher erläutert. In der Zeichnung zeigt:

Fig. 1: ein Kennfeld eines Hochdruckverdichters einer Gasturbine, nämlich eines Kerntriebwerks der Gasturbine, in schematisierter Darstellung;

Fig. 2: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung einer ersten Ausführungsform der hier vorliegenden Erfindung; und

Fig. 3: ein Blockschaltbild zur Verdeutlichung einer zweiten Ausführungsform der hier vorliegenden Erfindung.

Nachfolgend wird die hier vorliegende Erfindung unter Bezugnahme auf Figuren 1 bis 3 in größerem Detail beschrieben.

Figur 1 zeigt ein Kennfeld eines Hochdruckverdichters eines Kerntriebwerks einer Gasturbine. Im Diagramm der Figur 1 ist  $\pi$  das Verdichtungsverhältnis bzw. Druckverhältnis des Hochdruckverdichters,  $\dot{m}$  ist der Massestrom durch den Hochdruck-

verdichter,  $T$  ist die Temperatur und  $p$  ist der Druck innerhalb des Hochdruckverdichters und  $n$  ist die Drehzahl desselben. Mit der Bezugsziffer 11 sind im Kennfeld 10 Linien gekennzeichnet, in denen das Verhältnis  $n/\sqrt{T}$  konstant ist. Weiterhin ist in das Kennfeld 10 gemäß Figur 1 mit der Bezugsziffer 12 die Pumpgrenze des Hochdruckverdichters des Kerntriebwerks gekennzeichnet.

In dem Fall, in dem die Gasturbine ausschließlich der Erzeugung eines Vorschubs für das Flugzeug dient, wird abgesehen von den üblichen Anbaugeräten – wie zum Beispiel Kraftstoffpumpe und Ölpumpe – keine weitere Wellenleistung des Hochdruckverdichters bzw. des Kerntriebwerks entnommen und der Hochdruckverdichter der Gasturbine wird mit der in Figur 1 mit der Bezugsziffer 13 gekennzeichneten Arbeitslinie betrieben. Für die Arbeitslinie 13 besteht ein ausreichender Abstand zur Pumpgrenze 12 über das gesamte Kennfeld des Hochdruckverdichters. Wird jedoch dem Hochdruckverdichter an der Welle mechanische Wellenleistung entnommen, so bewirkt dies eine Verschiebung der Arbeitslinie im Kennfeld in Richtung auf die Pumpgrenze, wobei in Figur 1 eine Arbeitslinie des Hochdruckverdichters bei Entnahme von Wellenleistung mit der Bezugsziffer 14 gekennzeichnet ist.

Figur 1 kann entnommen werden, dass bei zusätzlicher Leistungsentnahme, zum Beispiel für den Antrieb von elektrischen Geräten, mit abnehmender Leistung des Hochdruckverdichters der Effekt der Verschiebung der Arbeitslinie in Richtung auf die Pumpgrenze 12 zunimmt. Insbesondere im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters und damit des Kerntriebwerks ist daher bei Entnahme von mechanischer Wellenleistung mit Instabilitäten im Betrieb des Hochdruckverdichters zu rechnen.

Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird eine Gasturbine und ein Verfahren zur Erzeugung bzw. Abführung elektrischer Leistung bzw. Energie an einer Gasturbine vorgeschlagen, mit Hilfe dessen die im Zusammenhang mit Figur 1 beschriebene Verschiebung der Arbeitslinie 13 in Richtung auf die Arbeitslinie 14 vermieden werden kann.

Bevor nachfolgend unter Bezugnahme auf die Figuren 2 und 3 bevorzugte Ausführungsbeispiele der Erfindung detailliert beschrieben werden, soll hier vorab angemerkt werden, dass im Sinne der Erfindung einerseits aus dem Kerntriebwerk me-

chanische Wellenleistung abgeführt wird und diese abgeführte Wellenleistung in elektrische Energie gewandelt wird und das andererseits auch aus dem Kerntriebwerk verdichtete Luft abgeführt und die in der verdichteten Luft enthaltene pneumatische Energie ebenfalls in elektrische Energie gewandelt wird. Es liegt dabei im Sinne der vorliegenden Erfindung, in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung zu erzeugen. In einem unteren Lastbereich hingegen wird die benötigte elektrische Energie einerseits aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und andererseits aus der in der verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugt. Durch die Entnahme bzw. die Abführung verdichteter Luft im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters bzw. des Kerntriebwerks kann die Arbeitslinie des Hochdruckverdichters dahingehend beeinflusst werden, dass im unteren Lastbereich ein ausreichender Abstand von der Pumpgrenze 12 eingehalten wird.

So ist in Figur 1 mit der Bezugsziffer 15 eine Arbeitslinie des Hochdruckverdichters gekennzeichnet, die sich bei Nutzung der Erfindung einstellt. In einem mittleren Abschnitt 16 der Arbeitslinie 15 erfolgt ein Umschalten zwischen den beiden prinzipiell voneinander zu unterscheidenden Zuständen, wobei wie bereits erwähnt, in einem ersten Zustand die elektrische Leistung ausschließlich durch Entnahme von mechanischer Wellenleistung erzeugt wird, und wobei in dem zweiten Zustand die elektrische Leistung auch aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie gewonnen wird.

- Figur 2 zeigt ein erstes bevorzugtes Ausführungsbeispiel einer erfindungsgemäßen Gasturbine in stark schematisierter Darstellung. So zeigt Figur 2 einen Hochdruckverdichter 17 eines Kerntriebwerks 18 mit einer Welle 19 des Hochdruckverdichters 17. An der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 des Kerntriebwerks 18 wird über ein Getriebe 20 mechanische Wellenleistung der Welle 19 abgegriffen und an einen Generator 21 übertragen, der aus der mechanischen Leistung elektrische Energie erzeugt. Im Sinne der hier vorliegenden Erfindung wird aus dem Hochdruckverdichter 17 verdichtete Luft über ein ansteuerbares Ventil 22 entnommen. Die verdichtete Luft wird einer Luftturbine 23 zugeführt, wobei die Luftturbine 23 aus der in der verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Leistung mechanische Energie erzeugt und eine entsprechende Welle 24 antreibt. Die Welle 24 ist über ein zweites Getriebe

25 mit einem zweiten Generator 26 verbunden. Der zweite Generator 26 wandelt letztendlich die in der verdichteten Luft enthaltene pneumatische Energie bzw. Leistung nach Wandlung derselben durch die Luftturbine 23 in mechanische Energie in elektrische Energie um.

Wie Figur 2 entnommen werden kann, sind das dem ersten Generator 21 zugeordnete Getriebe 20 sowie das dem zweiten Generator 26 zugeordnete zweite Getriebe 25 über eine Kupplung 27 miteinander verbindbar. Die Kupplung 27 ist ansteuerbar und koppelt entweder die beiden Getriebe 20 und 25 voneinander ab bzw. koppelt dieselben zusammen. In die Welle 24, die von der Luftturbine 23 angetrieben wird, ist ein sogenannter Freilauf 28 integriert.

In einem oberen Lastbereich des Hochdruckverdichters, in welchem im Sinne der Erfindung die elektrische Energie ausschließlich durch Entnahme von mechanischer Wellenleistung der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 erzeugt wird, sind die beiden Getriebe 20 sowie 25 über die Kupplung 27 miteinander verkuppelt, das Ventil 22 ist geschlossen und die Welle 24 ist über den Freilauf 28 vom zweiten Getriebe 25 abgekoppelt. In diesem Zustand werden sowohl der erste Generator 21 als auch der zweite Generator 26 ausschließlich von der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 angetrieben und die beiden Generatoren 21 und 26 wandeln die entnommene mechanische Leistung in entsprechende elektrische Energie um. In einem unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters 17 hingegen ist die Kupplung 27 geöffnet und die beiden Getriebe 20 und 25 sowie die beiden Generatoren 21 und 26 sind voneinander entkoppelt. Das Ventil 22 ist geöffnet und es wird verdichtete Luft dem Hochdruckverdichter 17 entnommen und der Luftturbine 23 zugeführt. Der Freilauf 28 koppelt die Welle 24 an das zweite Getriebe 25 an, so dass die von der Luftturbine 23 aus der verdichteten Luft erzeugte mechanische Energie zur Erzeugung elektrischer Energie an den zweiten Generator 26 übertragen werden kann. Im unteren Lastbereich wird im Ausführungsbeispiel der Figur 1 der Generator 21 demnach über das Getriebe 20 von der Welle 19 des Hochdruckverdichters 17 angetrieben, der Generator 26 wird über das Getriebe 20 von der Luftturbine 23 betrieben, der die entnommene, verdichtete Luft zugeführt wird.

Das Umschalten zwischen diesen beiden Zuständen des Hochdruckverdichters 17 erfolgt über Steuermittel 29. Die Steuermittel 29 sind im gezeigten Ausführungsbeispiel als Energy-Control-Unit (ECU) ausgebildet. Über die Steuermittel 29 sind das Ventil 22, die Kupplung 27 sowie die beiden Generatoren 21 und 26 ansteuerbar, wie dies durch die Pfeile 30 in Figur 2 angedeutet ist. Die Umschaltung zwischen den beiden Betriebszuständen zur Erzeugung der elektrischen Energie erfolgt entweder aufgrund von in den Steuermitteln 29 abgelegten Kriterien oder auf Basis von Messwerten 31, die dem Steuermittel 29 zugeführt werden. Bei den Messwerten 31 kann es sich z. B. um das gemessene Verdichtungsverhältnis  $\pi$ , um gemessene Drehzahlen  $n$  oder gemessene Temperaturen  $T$  handeln. Aus den Messwerten können dann in den Steuermitteln 29 Kriterien errechnet werden, anhand derer die Umschaltung zwischen den beiden Betriebszuständen bzw. die Zuschaltung bzw. Abschaltung der Luftturbine 23 zur Erzeugung elektrischer Energie unter Entnahme verdichteter Luft aus dem Hauptverdichter 17 erfolgt.

Figur 3 zeigt ein zweites Ausführungsbeispiel der Erfindung. So ist in Figur 3 wiederum ein Hochdruckverdichter 32 eines Kerntriebwerks 33 mit einer entsprechenden Welle 34 gezeigt, wobei der Welle 34 über ein Getriebe 35 mechanische Leistung entnommen wird und diese an einen Generator 36 oder auch mehrere Generatoren zur Erzeugung elektrischer Energie angelegt wird. Auch im Ausführungsbeispiel der Figur 3 kann dem Hochdruckverdichter 32 über ein ansteuerbares Ventil 37 verdichtete Luft entnommen werden, wobei die verdichtete Luft einer Luftturbine 38 des Triebwerks, einem sogenannten Triebwerkstarter, zugeführt wird. Die Luftturbine 38 kann auch als Starteinrichtung verwendet werden. Der Luftturbine 38 bzw. der Starter wandelt die in der entnommenen, verdichteten Luft enthaltene Leistung wiederum in mechanische Energie und treibt über diese mechanische Energie eine Welle an. Über einen Freilauf 39 ist die von der Luftturbine 38 angetriebene Welle entweder an das Getriebe 35 ankoppelbar bzw. von diesem abkoppelbar. Im Zusammenhang mit dem in Figur 3 gezeigten Ausführungsbeispiel wird so vorgegangen, dass im Teillastbetrieb des Hochdruckverdichters 32 über das Ventil 37 die verdichtete Luft der Luftturbine 38 zugeführt wird. Das Ventil 37 ist über Steuermittel 29 ansteuerbar. Wenn eine Antriebsdrehzahl der Luftturbine 38 höher ist als eine Drehzahl einer Welle, auf welcher die Luftturbine 38 angeordnet ist, kuppelt der Freilauf 39 ein und

überträgt die erzeugte mechanische Energie auf das Getriebe 35 und damit letztendlich auf den Generator 36 zur Erzeugung elektrischer Energie.

Beiden Ausführungsbeispielen ist gemeinsam, dass im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters demselben verdichtete Luft entnommen wird und aus der in der verdichteten Luft enthaltenen Leistung elektrische Energie erzeugt wird. Durch die Entnahme der verdichteten Luft ist die Arbeitslinie des Hochdruckverdichters derart beeinflussbar, dass sich die Arbeitslinie von der Pumpgrenze entfernt und damit auch im unteren Lastbereich des Hochdruckverdichters ein ausreichender Pumpgrenzenabstand eingehalten werden kann.

Bezugszeichenliste

10	Kennfeld
11	Linie
12	Pumpgrenze
13	Arbeitslinie
14	Arbeitslinie
15	Arbeitslinie
16	Bereich
17	Hochdruckverdichter
18	Kerntriebwerk
19	Welle
20	Getriebe
21	Generator
22	Ventil
23	Luftturbine
24	Welle
25	Getriebe
26	Generator
27	Kupplung
28	Freilauf
29	Steuermittel
30	Pfeil
31	Messwert
32	Hochdruckverdichter
33	Kerntriebwerk
34	Welle
35	Getriebe
36	Generator
37	Ventil
38	Luftturbine
39	Freilauf

Patentansprüche

1. Gasturbine, insbesondere Flugtriebwerk, mit mindestens einem Kerntriebwerk (18; 33), wobei von einer Welle (19; 34) des Kerntriebwerks (18; 33) mechanische Wellenleistung abführbar ist, gekennzeichnet durch Mittel, die einerseits aus dem Kerntriebwerk (18; 33) abgeführter Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die andererseits aus dem Kerntriebwerk (18; 33) abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugen.
2. Gasturbine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung erzeugen.
3. Gasturbine nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) die elektrische Energie aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung und aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugen.
4. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, gekennzeichnet durch Steuerungsmittel (29), die abhängig vom Lastbereich des Kerntriebwerks (18; 33) automatisch Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft zuschalten oder abschalten.
5. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch einen ersten Generator (21), wobei der erste Generator (21) über ein Getriebe (20) mit der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) verbunden ist, und wobei der erste Generator (21) aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung elektrische Energie erzeugt.
6. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, gekennzeichnet durch einen zweiten Generator (26), wobei der zweite Generator (26) über ein Getriebe (25) mit einer Luftturbine (23) verbunden ist, wobei die Luftturbine (23) aus der abgeführten, verdichteten Luft mechanische Energie er-

zeugt, und wobei der Generator (26) aus der von der Luftturbine erzeugten mechanischen Energie elektrische Energie erzeugt.

7. Gasturbine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass dem mit der Luftturbine (23) zusammenwirkende Getriebe (25) ein Freilauf (28) zugeordnet ist.
8. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass beide Generatoren (21, 26) über eine ansteuerbarere Kupplung (27) miteinander verbindbar sind, wobei in einem oberen Lastbereich des Kerntriebwerks (18) beide Generatoren (21, 26) ausschließlich von der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) angetrieben werden.
9. Gasturbine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu die beiden Getriebe (20, 25) der beiden Generatoren (21, 26) über die ansteuerbarere Kupplung (27) miteinander verbunden sind, und dass der Freilauf (28) die Luftturbine (23) abkoppelt.
10. Gasturbine nach Anspruch 8 oder 9, dadurch gekennzeichnet, dass in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks (18) beide Generatoren (21, 26) entkoppelt sind, wobei der erste Generator (21) ausschließlich von der Welle (19) des Kerntriebwerks (18) und der zweite Generator (26) ausschließlich von der Luftturbine (23) angetrieben wird.
11. Gasturbine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu die ansteuerbarere Kupplung (27) die beiden Getriebe (20, 25) der beiden Generatoren (21, 26) voneinander entkoppelt, und dass der Freilauf (28) die Luftturbine (23) an das entsprechenden Getriebe (25) bzw. den zweiten Generator (26) ankoppelt.
12. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, gekennzeichnet durch mindestens einen Generator (36), wobei der oder jede Generator (36) über ein Getriebe (35) mit der Welle (34) des Kerntriebwerks (33) ver-

bunden ist, und wobei der oder jede Generator (36) aus der abgeführten mechanischen Wellenleistung elektrische Energie erzeugt.

13. Gasturbine nach Anspruch 12, gekennzeichnet durch eine Luftturbine (38), wobei die Luftturbine (38) über einen Freilauf (39) mit dem Getriebe (35) verbunden ist, wobei in einem oberen Lastbereich der Generator (36) ausschließlich von der Welle (34) des Kerntriebwerks (33) und in einem unteren Lastbereich von der Welle des Kerntriebwerks (33) und der Luftturbine (38) angetrieben wird.
14. Gasturbine nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass hierzu in dem oberen Lastbereich des Kerntriebwerks (33) der Freilauf (39) die Luftturbine (38) von dem Getriebe (35) abkoppelt und in dem unteren Lastbereich an das Getriebe (35) ankoppelt.
15. Gasturbine nach einem oder mehreren der Ansprüche 12 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass der Luftturbine (38) die aus dem Kerntriebwerk (33) abgeführte, verdichtete Luft zuführbar ist, wobei dann, wenn die Drehzahl der Luftturbine (38) größer ist als die Drehzahl einer Welle, auf der die Startereinrichtung angeordnet ist, der Freilauf (39) die Luftturbine an das Getriebe (35) ankoppelt und die elektrische Energie für die oder jede Anbaueinrichtung oder Nebeneinrichtung aus der abgeführten Wellenleistung und aus der abgeführten, verdichteten Luft erzeugt wird.
16. Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine, insbesondere bei einem Flugtriebwerk, zur Versorgung vorzugsweise einer Anbaueinrichtung oder einer Nebeneinrichtung der Gasturbine, wobei von einer Welle eines Kerntriebwerks mechanische Wellenleistung abgeführt wird, dadurch gekennzeichnet, dass einerseits aus der aus dem Kerntriebwerk abgeführten Wellenleistung elektrische Energie erzeugt wird, und dass andererseits aus dem Kerntriebwerk abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugt wird.

17. Verfahren nach Anspruch 16, dadurch gekennzeichnet, dass in einem hohen Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie ausschließlich aus der abgeführten Wellenleistung erzeugt wird.
18. Verfahren nach Anspruch 16 oder 17, dadurch gekennzeichnet, dass in einem unteren Lastbereich des Kerntriebwerks die elektrische Energie aus der abgeführten Wellenleistung und aus der in der abgeführten, verdichteten Luft enthaltenen pneumatischen Energie erzeugt wird.
19. Verfahren nach Anspruch 18, dadurch gekennzeichnet, dass aus der Energie der abgeführten, verdichteten Luft zuerst mechanische Energie und aus der mechanischen Energie elektrische Energie erzeugt wird.
20. Verfahren nach einem oder mehreren der Ansprüche 16 bis 19, dadurch gekennzeichnet, dass abhängig vom Lastbereich des Kerntriebwerks automatisch Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft zugeschaltet oder abgeschaltet werden.
21. Verfahren nach Ansprüchen 20, dadurch gekennzeichnet, dass das Zuschalten oder das Abschalten der Mittel zur Erzeugung elektrischer Energie aus der abgeführten, verdichteten Luft in Abhängigkeit von einem gemessenen Verdichtungsverhältnis erfolgt.

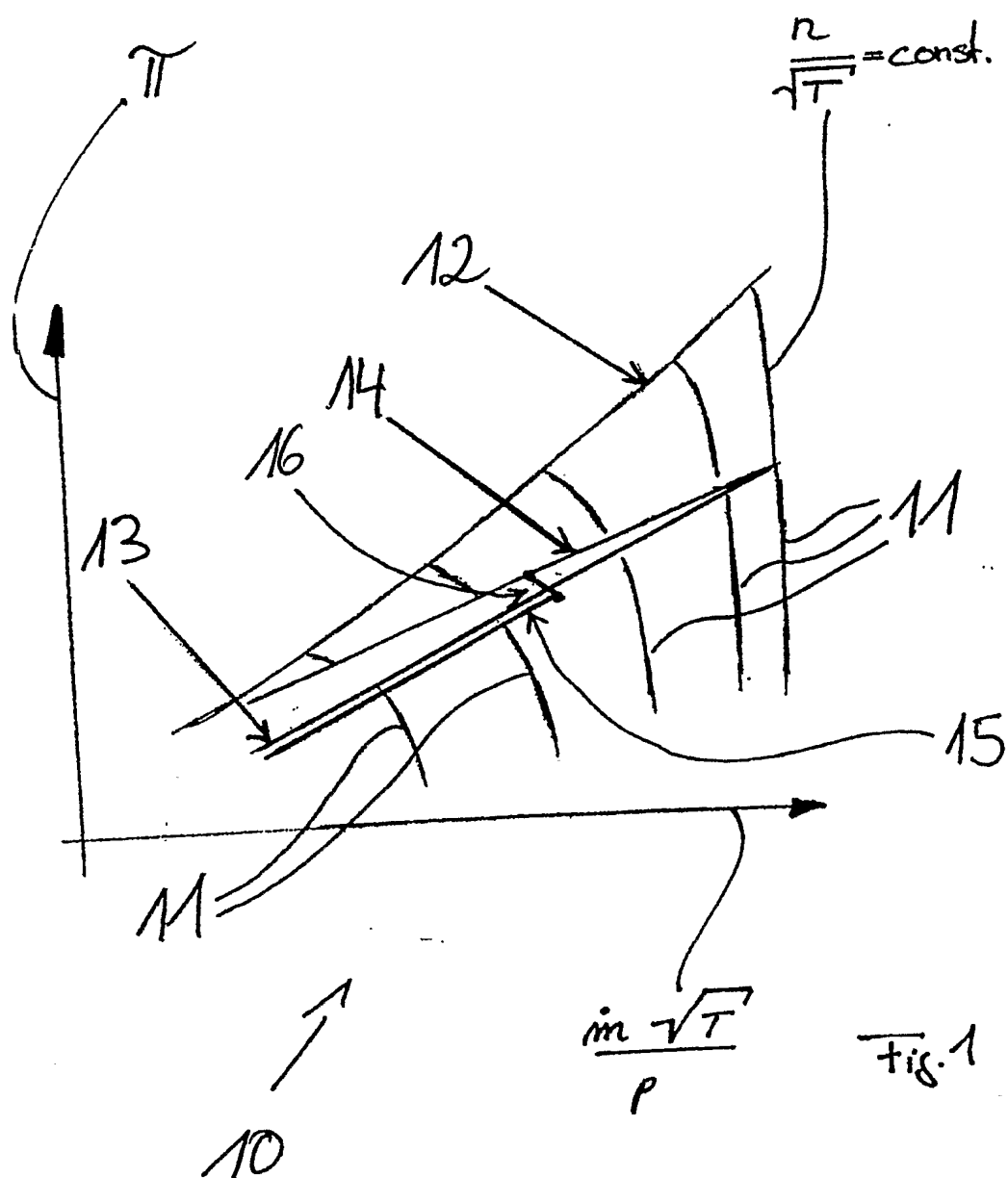
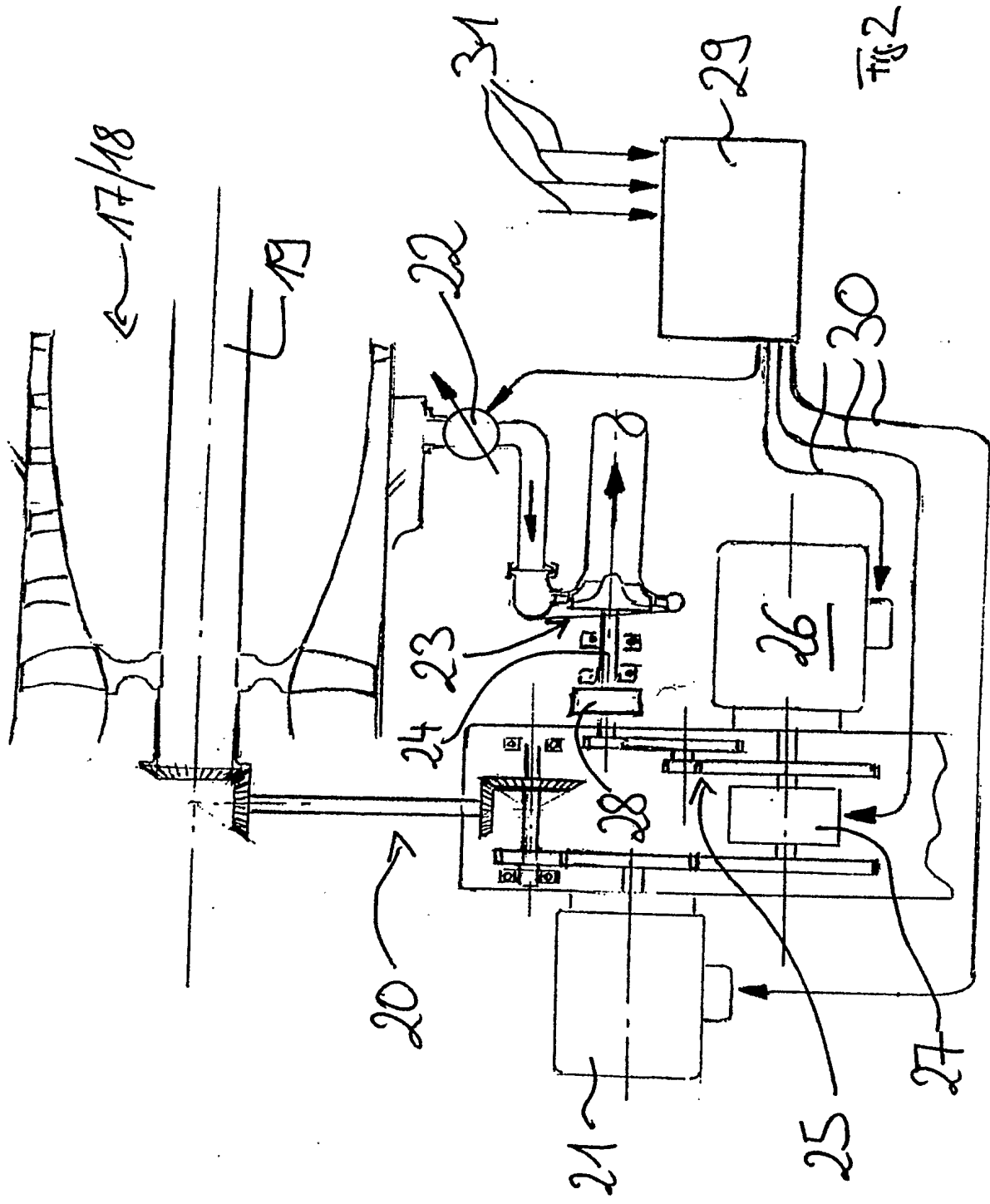
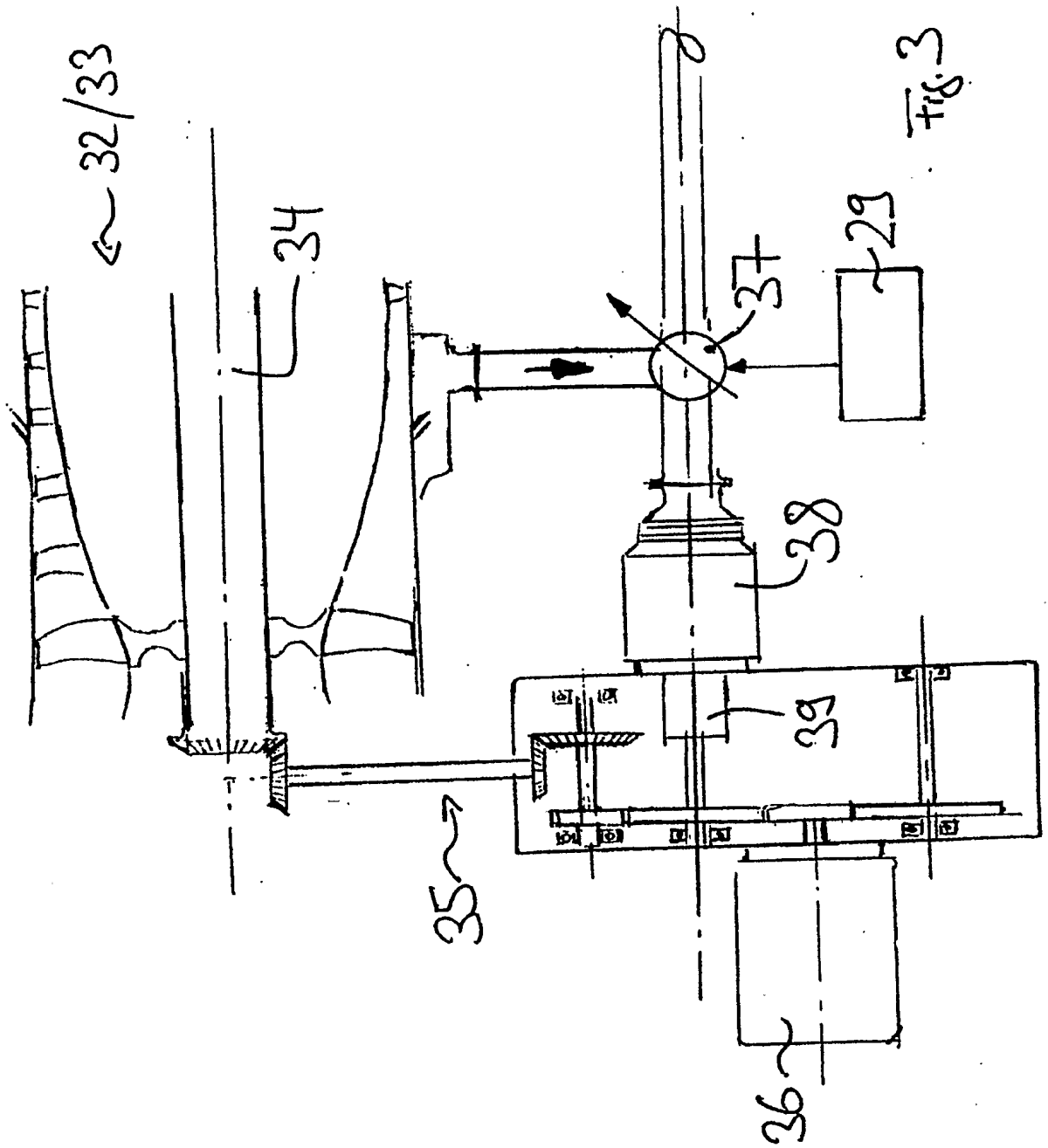


Fig. 1





### Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft eine Gasturbine, insbesondere ein Flugtriebwerk, und ein Verfahren zur Erzeugung elektrischer Energie bei einer Gasturbine.

Die Gasturbine umfasst mit mindestens ein Kerntriebwerk (18), wobei von einer Welle (19) des Kerntriebwerks (18) Wellenleistung abführbar ist.

Erfindungsgemäß sind Mittel vorgesehen, die einerseits aus dem Kerntriebwerk (18) abgeführter Wellenleistung elektrische Energie erzeugen, und die andererseits aus dem Kerntriebwerk (18) abgeführter, verdichteter Luft elektrische Energie erzeugen.  
(Fig. 2)

